

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 597**

51 Int. Cl.:

C10G 9/00 (2006.01)

C10G 7/00 (2006.01)

C10G 9/40 (2006.01)

C10G 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2015 PCT/EP2015/000081**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2016 WO16116114**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2015 E 15707270 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020 EP 3247775**

54 Título: **Procedimiento y sistema para la transferencia de residuos plásticos a un combustible con propiedades de aceite diésel/fueloil**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.05.2021

73 Titular/es:

**BLUEALP INNOVATIONS B.V. (100.0%)
Voorstraat 67
2964 AJ Groot-Ammers, NL**

72 Inventor/es:

**WESER, GEROLD y
VAN DER REE, TEUNIS CHRISTIAAN**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 822 597 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para la transferencia de residuos plásticos a un combustible con propiedades de aceite diésel/fueloil

5

Campo de invención

La invención se refiere a un procedimiento y un sistema para procesar residuos plásticos, en particular residuos plásticos a base de (i) poliolefinas y/o (ii) líquidos orgánicos a base de petróleo, convirtiendo dichos residuos plásticos en hidrocarburos con 1 átomo de carbono (metano) a hidrocarburos con más de 22 átomos de carbono.

10

Antecedentes

En vista de las reservas finitas de petróleo, el creciente consumo de plásticos y las regulaciones gubernamentales cada vez más restrictivas con respecto al procesamiento de materiales de desecho y el reciclaje de materiales valiosos, el procesamiento de desechos plásticos, que se separan de los desechos residuales, por ejemplo, está ganando cada vez más importancia.

15

Ya se conocen algunos procedimientos para procesar residuos plásticos, pero aún tienen varias desventajas.

20

A partir del documento WO 2005/071043 A1 se conoce un procedimiento de procesamiento en el que los desechos plásticos se procesan en aceite.

En este caso, los hidrocarburos fraccionados se obtienen a partir de residuos plásticos y/o residuos aceitosos, seleccionándose y comprimiendo primero los residuos plásticos y/o restos mediante un sistema de entrada con exclusión de aire. La masa compactada se alimenta a un recipiente de fusión y se calienta en el mismo, de modo que se separa en una primera fase líquida, una primera fase gaseosa y una porción de residuo, después de lo cual la primera fase líquida y la primera fase gaseosa se transportan a un recipiente de evaporación, en el que se agrega una segunda fase líquida con aporte de calor adicional y se crea una segunda fase gaseosa, en donde la segunda fase líquida se transfiere a un recalentador y se calienta más allá con aporte de calor adicional, de modo que se crea una tercera fase gaseosa, después de lo cual la segunda fase gaseosa del recipiente de evaporación y la tercera fase gaseosa del recalentador se alimentan a un reactor de craqueo, donde se produce una nueva descomposición (craqueo) de los hidrocarburos de cadena larga en hidrocarburos de cadena corta y el gas de petróleo resultante se alimenta luego a un condensador en el que el gas de petróleo se condensa en petróleo líquido, siendo el petróleo el producto objetivo.

25

30

35

Este procedimiento no cumple con los requisitos ambientales actuales en términos de contenido de azufre y cloro, conduce a una alta proporción de residuos ricos en carbono y tiene deficiencias en términos de flexibilidad y calidad del producto final.

40

El documento WO 2008/022790 describe un procedimiento para procesar desechos que contienen plástico y líquidos orgánicos a base de petróleo, aceite comestible, grasas o similares, con las etapas:

- introducción de la mezcla de sustancias en un reactor, que se divide en una zona de fusión y una zona de craqueo, o en dos reactores conectados en serie,
- fusión de la mezcla de sustancias en una zona de fusión del reactor a 250 °C a 350 °C,
- descarga de impurezas de la masa fundida,
- craqueo de polímeros de cadena larga contenidos en la masa fundida en una zona de craqueo del reactor a 420 °C a 450 °C hasta que cambian al estado gaseoso,
- descarga de la fase gaseosa del reactor,
- condensación de la fase gaseosa en un enfriador,
- eliminación de impurezas del líquido ligero presente después del enfriamiento (temple) y
- almacenamiento del líquido ligero.

45

50

La fase gaseosa presente después de la zona de craqueo del reactor se alimenta, por ejemplo, a un dispositivo de destilación que funciona de tal forma que los polímeros de cadena larga se condensan y se realimentan a la zona de craqueo del reactor. Los hidrocarburos de cadena relativamente corta (C1-C4) que están presentes en forma gaseosa después del dispositivo de destilación y un enfriador contiguo se pueden utilizar para obtener energía como combustible.

60

En los procedimientos de la técnica anterior, se producen cantidades relativamente grandes de escoria y los productos finales solo pueden adaptarse moderadamente a los requisitos y tienen una pureza moderada.

El documento WO 2012/149590 A1 describe un procedimiento para la despolimerización de material plástico, en particular plásticos viejos o de desecho, mediante aportación de calor, fundiéndose el material plástico en una masa fundida de plástico y desgasificando antes de alimentarlo a un reactor de despolimerización, en donde a la masa

65

fundida de plástico se añade una fracción obtenida del petróleo crudo como disolvente, de modo que la viscosidad de la solución de plástico fundido alimentada al reactor de despolimerización (3) se reduce en comparación con la viscosidad del plástico fundido.

5 Síntesis de la invención

Si bien la invención se define en las reivindicaciones independientes, otros aspectos de la invención surgen de las reivindicaciones dependientes, los dibujos y la siguiente descripción.

10 El objetivo de la presente invención era proporcionar un procedimiento mejorado para procesar residuos plásticos (en lo sucesivo también denominados plásticos reciclables) y un sistema para llevar a cabo este procedimiento. Las mejoras incluyen la reducción de la formación de escoria y/o un control de producto más flexible y/o pureza optimizada de los productos. En un ejemplo de realización, la invención se refiere a la provisión de un procedimiento para la obtención de hidrocarburos a partir de residuos preferentemente poliolefinicos mediante craqueo puramente
15 termolítico en un reactor de craqueo, que está precedido por un primer dispositivo de calentamiento y un segundo dispositivo de calentamiento, sin el uso de catalizadores, en donde

(b1) los materiales plásticos opcional y preferentemente ya parcialmente fundidos se alimentan a un primer dispositivo de calentamiento en el que se funden (además) a una temperatura de 300 °C a 380 °C,

20 (b2) los materiales plásticos fundidos junto con la corriente de reciclaje que se bombeó fuera del reactor de craqueo, se alimentan a un segundo dispositivo de calentamiento en el que se calientan a temperaturas de 380 °C a 400 °C,

(b3) los materiales plásticos fundidos junto con los vapores ya formados que contienen hidrocarburos del segundo dispositivo de calentamiento se alimentan al reactor de craqueo, en el que los materiales plásticos fundidos se vuelven a descomponer (craquear) a aproximadamente 400 °C, y los hidrocarburos gaseosos se alimentan a un condensador parcial en el que los hidrocarburos de cadena larga se condensan y se devuelven al reactor de craqueo, preferentemente un condensador, que está precedido por una columna de cuerpos de relleno,

30 (b4) los hidrocarburos de cadena corta emergen del reactor de craqueo y se alimentan a un dispositivo de destilación en el que se descomponen en una fracción gaseosa y una líquida y de la cual se extrae la fracción líquida como producto diésel y la fracción gaseosa se pasa a través de un enfriador, en el que se divide en fracciones de bajo punto de ebullición (C5-C7), que se almacenan, y en los gases no condensados (C1-C4), que se utilizan preferentemente como combustible para calentar el aceite térmico,

35 (b5) sustancias similares a brea y alquitrán de alta energía pero no gaseosas, así como el exceso de carbono formado durante el craqueo termolítico de los polímeros, se bombean fuera del reactor de craqueo junto con la corriente de reciclaje y se separan en la corriente de reciclaje y el residuo por medio de un dispositivo de separación, en donde la corriente de reciclaje entre el primer dispositivo de calentamiento y el segundo dispositivo de calentamiento se mezclan con los materiales plásticos fundidos y el residuo se pasa a un recipiente colector.

40 Los líquidos extraídos (producto diésel y fracciones de bajo punto de ebullición) pueden limpiarse en sistemas especiales de adsorción y/o filtración antes de ser transferidos a tanques de almacenamiento y pueden eliminarse los componentes que interfieran (por ejemplo, ácidos orgánicos).

45 Un sistema de alimentación preferido para el sistema según la invención comprende alimentar los residuos plásticos al primer dispositivo de calentamiento a través de un sistema de alimentación en el que

(a2) en una primera etapa en un sistema de compresión mecánica de 120 a 150 °C se elimina el vapor de agua y se lleva a cabo la compresión y el secado,

50 (a3) en una segunda etapa, en una extrusora, de 250 a 300 °C, al menos la fusión parcial y la eliminación de los gases ácidos, en particular HCl y H₂S, se realiza mediante vacío.

Estos gases residuales ácidos se someten preferentemente a un lavado de gases con lejía, tal como una solución de hidróxido de sodio, después de lo cual el licor de lavado, que prácticamente no contiene hidrocarburos, puede eliminarse en forma acrítica.

La compresión en la primera etapa (a2) se realiza convenientemente mediante un compresor de tornillo y la segunda etapa (a3) mediante una extrusora, siendo posible que tanto el compresor como la extrusora sean calentables. Un medio de calentamiento preferido es el aceite térmico.

60 Los materiales plásticos se suministran en una etapa (a1) aguas arriba de la etapa (a2) adecuadamente a través de un sistema de al menos dos y preferentemente dos tanques tampón, que preferentemente están presurizados con nitrógeno y/o enjuagados, y uno de los cuales está lleno mientras que el otro se vacía, y ambos están conectados a un sistema de pesaje que permite llenar el sistema de alimentación con residuos plásticos en forma medida.

65 La corriente de reciclaje mencionada en (b5) anterior se obtiene bombeando el fondo del reactor de craqueo utilizando

una bomba de alta temperatura, sustancias de alta energía pero no gaseosas como brea y alquitrán, así como el exceso de carbono del craqueo de polímeros y alimentándolos a un sistema separador. Este sistema separador es preferentemente un separador ciclónico, opcional y preferentemente conectado a un tanque de sedimentación (tanque de sedimentación).

5 Los hidrocarburos gaseosos del reactor de craqueo se alimentan preferentemente al condensador parcial a través de una columna de cuerpos de relleno de modo que el camino para la separación de los hidrocarburos todavía no suficientemente craqueados (normalmente más de 22 átomos de carbono) se hace más largo. Esto tiene el efecto positivo de que el condensador parcial puede funcionar a una temperatura más alta sin que una proporción significativa de hidrocarburos excesivamente largos pueda salir del reactor de craqueo, o que la temperatura en el condensador parcial no tiene que ajustarse tan baja que también esté presente una proporción significativa de hidrocarburos. Se devuelven 22 átomos de carbono o menos al reactor de craqueo y el craqueo continúa allí, lo que reduciría la proporción de hidrocarburos de cadena más larga en el producto diésel.

15 Los gases/vapores que emergen del reactor de craqueo después de la columna de cuerpos de relleno y el condensador se alimentan a un dispositivo de destilación con recalentador y columna de destilación, que está al menos parcialmente diseñado como una columna de cuerpos de relleno y con una bandeja intermedia. En este dispositivo de destilación, los gases/vapores se descomponen en una fracción gaseosa y líquida. La fracción líquida se extrae en la bandeja intermedia como producto diésel y la fracción gaseosa se extrae en la parte superior de la columna de destilación. La fracción gaseosa se enfría para que las fracciones de bajo punto de ebullición (C5-C7/C8) se condensen y puedan extraerse como fracción líquida. Los gases no condensados (C1-C4) se utilizan preferentemente como combustible para calentar el aceite térmico.

25 Las longitudes de los hidrocarburos en las fracciones individuales se pueden controlar fácilmente, por un lado por la temperatura del condensador parcial, luego por la longitud de la columna de destilación y la temperatura en este y en el condensador.

30 Gracias a la entrada de plásticos reciclables a través de dos sistemas de amortiguación, la planta puede funcionar en forma continua.

En el contexto de esta invención, los primeros y segundos dispositivos de calentamiento preferidos son intercambiadores de calor tubulares rodeados de aceite térmico.

35 Para que la longitud de la cadena se pueda adaptar a los requisitos respectivos, es preferible que la temperatura del condensador parcial se pueda ajustar, por ejemplo, en un rango de 150 °C a 350 °C, para longitudes de cadena de un máximo de 22 átomos C, preferentemente a 300 °C.

40 La separación térmica fina del gas que sale del reactor de craqueo se lleva a cabo preferentemente mediante destilación a contracorriente, en la que parte del producto diésel se devuelve, en particular pulverizado, a la columna de destilación por encima del punto de extracción. Devolviendo el producto diésel a la columna de destilación de esta manera, la temperatura en esta columna se puede variar o ajustar, por ejemplo, de tal modo que, dependiendo del entorno, los hidrocarburos con 8-9 a 20-22 átomos de C se extraen del piso intermedio como producto diésel. El tipo de mezcla de hidrocarburos de los gases de bajo punto de ebullición o los gases no condensados también se puede variar o determinar mediante el ajuste de temperatura durante el enfriamiento.

45 El producto diésel y/o los componentes de bajo punto de ebullición se suelen retirar y almacenar para su uso posterior, mientras que los gases no condensados (C1-C4) se utilizan directamente como combustible para calentar el aceite térmico.

50 Cualquier impureza presente en el producto diésel y/o los componentes de bajo punto de ebullición, en particular compuestos que contienen azufre, ácidos halógenos y ácidos orgánicos, pueden eliminarse por absorción y/o filtración.

55 Un dispositivo para procesar desechos que contienen plástico y líquidos orgánicos a base de petróleo, que es particularmente adecuado para llevar a cabo el procedimiento descrito con anterioridad, comprende un primer dispositivo de calentamiento, un segundo dispositivo de calentamiento, un reactor de craqueo y una línea de flujo de retorno, que va desde un área inferior del reactor de craqueo a través de un sistema separador en la línea de alimentación de los desechos plásticos fundidos desde el primer dispositivo de calentamiento hasta el segundo dispositivo de calentamiento.

60 En una forma de realización preferida, el primer y el segundo dispositivo de calentamiento son cada uno un intercambiador de calor tubular lavado con aceite térmico. El primer y/o el segundo dispositivo de calentamiento también pueden constar de varios dispositivos de calentamiento conectados en serie o en paralelo, pero que en conjunto presentan las propiedades del primer y segundo dispositivos de calentamiento.

65 Para una flexibilidad óptima, el primer y segundo dispositivos de calentamiento y el reactor de craqueo tienen

calentadores controlables independientemente.

Los dispositivos de calentamiento preferidos son los intercambiadores de calor que están diseñados como intercambiadores de calor de tubos, en donde los tubos se llenan con la masa fundida y se bañan con aceite térmico. Esto asegura la mayor superficie de transferencia de calor posible, lo que tiene la ventaja de que puede trabajar con una pequeña diferencia de temperatura (generalmente máx. 20 °C) entre la temperatura deseada en la masa fundida y la temperatura del medio de transferencia de calor, del aceite térmico.

Además del plástico fundido, la corriente de reciclaje incluye partículas ricas en carbono e impurezas no fundibles que se acumulan en el sumidero del reactor de craqueo. Esta corriente de reciclaje se bombea continuamente fuera del reactor de craqueo y pasa a través de un sistema separador en el que se separan las partículas, tras lo cual la corriente residual se retroalimenta a la masa fundida de plástico antes del segundo dispositivo de calentamiento. El sistema separador incluye un separador ciclónico. Este separador ciclónico comprende una parte cilíndrica con un tubo dispuesto en el centro. Como resultado de la fuerza centrífuga, las partículas más grandes se moverán hacia afuera, de modo que principalmente la masa fundida de plástico y posiblemente las partículas pequeñas a través del segundo dispositivo de calentamiento regresen al reactor de craqueo a través del tubo dispuesto centralmente.

Este ciclo, en particular el bombeo continuo, provoca un mezclado continuo en el reactor de craqueo, que en muchos casos hace innecesario agitar adicionalmente.

En otra forma de realización preferida, el sistema separador tiene, además del separador ciclónico, un tanque de sedimentación que está dispuesto fuera de la línea de flujo de retorno pero está conectado al separador ciclónico, pero que opcionalmente se puede conectar y preferentemente está conectado a la línea de flujo de retorno en el lado del dispositivo de calefacción a través de una derivación.

El reactor de craqueo está equipado con un condensador parcial que tiene un dispositivo de enfriamiento/calentamiento que está diseñado de tal manera que se puede ajustar una temperatura definida en el condensador parcial. Un dispositivo de enfriamiento/calentamiento preferido contiene, como medio de transferencia de calor, un medio de transferencia de calor que, por medio de una unidad de control de temperatura, se puede llevar a la temperatura que se requiere para ajustar la temperatura requerida dentro del condensador parcial. Un medio de transferencia de calor preferido es un aceite térmico.

Aguas arriba de este condensador parcial, es decir, dispuesta entre el reactor de craqueo y el condensador parcial, puede haber una columna de cuerpos de relleno que normalmente no se calienta. Esta columna de cuerpos de relleno se utiliza para una mejor separación en el condensador parcial.

El condensador parcial, en particular en combinación con una columna de cuerpos de relleno, tiene el efecto de que del reactor de craqueo solo emergen -o al menos predominantemente- moléculas de una longitud de cadena definida.

Aguas abajo del reactor de craqueo o del condensador parcial, hay un dispositivo de destilación que puede funcionar de tal manera que las moléculas de cadena larga se condensan (producto diésel) y del cual emergen las moléculas de cadena corta como una fase gaseosa. Esta fase gaseosa se puede condensar parcialmente en un enfriador conectado aguas abajo de la columna de destilación (fracciones de bajo punto de ebullición y gases no condensados).

El dispositivo de destilación comprende un recalentador y una columna de destilación, que preferentemente tiene un área diseñada como una columna de cuerpos de relleno y también preferentemente una bandeja intermedia en la que se retira la fracción líquida, por ejemplo, producto diésel condensado. Parte de esta fracción líquida, este producto diésel, se puede devolver a la columna de destilación para optimizar la temperatura por encima del punto de extracción, lo que sirve para separar mejor las fracciones de hidrocarburos.

El enfriador destinado a la posterior separación de la fase gaseosa en gases de bajo punto de ebullición y gases no condensados tiene un dispositivo de calentamiento/enfriamiento con el que se puede ajustar una temperatura definida, y por lo tanto la composición de las fracciones de hidrocarburos, en el enfriador.

Aguas abajo de la columna de destilación o del enfriador, se pueden proporcionar unidades de adsorción y/o filtro para adsorber las impurezas del líquido ligero y/o el producto diésel. Estas unidades de adsorción o filtro pueden comprender varios adsorbentes o filtros que se pueden encender o apagar alternativamente para adsorción o regeneración.

A continuación, se describe en detalle un procedimiento general desde los residuos entregados hasta los productos finales.

Los residuos ricos en poliolefinas limpiados y preclasificados, también denominados plásticos reciclables, se almacenan en un tanque de combustible. La clasificación previa se puede realizar utilizando procedimientos habituales. Los plásticos, por ejemplo, PVC, PET, se reconocen en función de sus espectros IR u otras características y las sustancias extrañas se eliminan, por ejemplo, mediante una corriente de aire que se puede colocar en puntos

específicos. A pesar de esta clasificación previa, los materiales plásticos reciclables aún pueden contener pequeñas cantidades de contaminantes, como compuestos que contienen cloro y/o azufre, caucho, metales, arena, etc., que se eliminan en un punto posterior del procedimiento.

5 Dado que el procedimiento de tratamiento debe realizarse con la mayor exclusión posible de oxígeno para evitar oxidaciones no deseadas, los materiales plásticos se introducen preferentemente en el sistema con la ayuda del sistema de alimentación que se describe a continuación. Este sistema tiene la ventaja de que se puede prescindir de un lavado permanente con gas inerte (nitrógeno) en el llenado de las zonas de fusión y del reactor de craqueo, ya que el sistema de alimentación, que se llena con materiales plásticos al menos parcialmente fundidos, representa un cierre hermético. En principio, sin embargo, el sistema también se puede llenar con un sistema de alimentación diferente.

10 La dosificación exacta y reproducible en el sistema de alimentación según la invención se realiza con la ayuda de dos recipientes tampón que se pesan. Estos tanques de compensación pueden opcionalmente presurizarse con nitrógeno o purgarse. El sistema se llena desde el respectivo recipiente de almacenamiento intermedio con la ayuda de un sistema de alimentación mecánico.

15 Este sistema de alimentación en sí se divide en al menos dos zonas que realizan diferentes tareas. La mezcla de plástico a procesar se alimenta de manera continua al sistema de alimentación desde los recipientes intermedios, que se llenan y vacían alternativamente, es decir, primero en un compresor, en el que se homogeneiza y esencialmente se calienta por fricción. Si es necesario, la calefacción puede apoyarse mediante calefacción adicional, en particular a través de la pared exterior del compresor que, por ejemplo, se puede calentar con aceite térmico. En el compresor, el material debe calentarse a una temperatura de 120 a 150 °C, de modo que el vapor de agua pueda evaporarse en esta etapa y extraerse, en particular aplicando un ligero vacío.

20 A continuación, el material se transporta a una extrusora, que preferentemente se calienta con aceite térmico, donde se calienta a aproximadamente 250 - 300 °C. A estas temperaturas, las piezas de plástico que contienen azufre y cloro se destruyen. El HCl y el H₂S se extraen de la extrusora con una bomba de vacío. Los contaminantes ácidos se neutralizan preferentemente con sosa cáustica como parte de un lavado de gases y se eliminan. A máx. 300 °C, el gas de escape contiene solo pequeñas cantidades de hidrocarburos. Además de la eliminación de agua, HCl y H₂S a temperaturas relativamente bajas, esta tecnología también tiene la ventaja de que, al llenar los dispositivos de calentamiento (zonas de fusión) y el reactor de craqueo, se puede prescindir de un lavado permanente con gas inerte (nitrógeno), ya que el sistema de alimentación o la extrusora, que ya está parcialmente llena de plástico, es un sello hermético.

25 La extrusora comprime y transporta los materiales plásticos a un primer dispositivo de calentamiento, un primer intercambiador de calor tubular, en el que los materiales plásticos fluyen a través de los tubos, que se lavan con aceite térmico como medio de calentamiento. Toda la superficie de calentamiento de los tubos se selecciona para que sea tan grande que sea posible trabajar con la menor diferencia de temperatura posible entre el medio de calentamiento y los materiales plásticos. Esto minimiza los depósitos de coque en las paredes del tubo a través de procedimientos de craqueo. Una ventaja adicional de los intercambiadores de calor tubulares es que son fáciles de limpiar. Para derretir completamente los materiales plásticos, se calientan a aproximadamente 380 °C.

30 La salida del primer dispositivo de calentamiento, el primer intercambiador de calor, está conectada a una línea de flujo de retorno. A través de esta línea de retorno, la corriente de retorno, que pasó desde el reactor de craqueo a través de un separador ciclónico que funciona como un sistema de descarga de escoria, se mezcla con el plástico fundido del primer dispositivo de calentamiento. La corriente mixta fluye hacia un segundo dispositivo de calentamiento, un segundo intercambiador de calor tubular, en el que la masa fundida de plástico se calienta a 400 °C. Desde este segundo intercambiador de calor, los materiales plásticos fundidos ingresan en el reactor de craqueo junto con los gases de craqueo que ya se han formado a esta temperatura. En este reactor, las moléculas de plástico son puramente termolíticas a aproximadamente 400 °C, es decir, sin el uso de catalizadores, se descomponen en una mezcla de hidrocarburos esencialmente gaseosa (craqueada).

35 Por ejemplo, un procedimiento que funciona con grandes superficies de intercambio de calor ha demostrado ser muy adecuado, de modo que, a pesar de un buen rendimiento, se pueden utilizar medios de transferencia de calor a una temperatura máxima de aproximadamente 20 °C por encima de la temperatura deseada. Con esta limitación de temperatura, la formación de coque puede evitarse en gran medida o al menos reducirse en gran medida.

40 Para evitar reacciones de descomposición pirolítica, la transferencia de calor en el reactor de craqueo preferentemente no se realiza o no solo a través de la pared del reactor (principio de la caldera). La entrada de calor tiene lugar preferentemente en un área grande con la diferencia de temperatura más pequeña posible, por lo que se puede evitar la formación de apelmazamiento y coque o al menos reducirla en gran medida. Los medios de calentamiento adecuados son una pluralidad de intercambiadores de calor tubulares o haces de tubos de calentamiento dispuestos dentro del reactor de craqueo, que están llenos de un medio de transferencia de calor, en particular aceite de transferencia de calor, o a través de los cuales fluye un medio de transferencia de calor.

45 Los intercambiadores de calor tubulares o las tuberías calefactoras se pueden colocar fácilmente dentro del reactor de

craqueo de tal manera que se puede prescindir de un agitador convencional, dispuesto centralmente, incluso cuando están presentes, es decir, que se consigue una mezcla suficiente de la masa fundida únicamente sobre la base del flujo de retorno bombeado continuamente y de retorno.

5 Debido a las grandes superficies de transferencia de calor, el medio de transferencia de calor que se utiliza para calentar la masa fundida de plástico en el reactor de craqueo puede mantenerse a una temperatura comparativamente baja de preferentemente 405 °C hasta un máximo de 420 °C.

10 En la parte inferior del reactor de craqueo hay una salida que conduce a una bomba de líquido de alta temperatura. Esta bomba es capaz de bombear fluidos a una temperatura de 400 °C y no se ve afectada por posibles componentes abrasivos en el plástico fundido. Las sustancias de alta energía, pero no gaseosas, similares a brea y alquitrán y el exceso de carbono producido durante el craqueo de polímeros se bombean a través de un sistema separador, en particular un separador ciclónico cilíndrico con un tanque de sedimentación asociado. Al ingresar al separador ciclónico, la velocidad tangencial del fluido aumenta debido a las dimensiones del separador ciclónico.

15 El aumento en la velocidad del plástico fundido en combinación con la forma cilíndrica del separador ciclónico conduce a un efecto centrífugo. Las partículas de mayor densidad se balancean hacia el exterior del ciclón, mientras que las partículas más livianas encuentran su camino hacia el centro del separador ciclónico. Estas partículas más ligeras, junto con una gran parte del plástico fundido, salen del ciclón a través de una tubería. Este tubo está dispuesto ventajosamente paralelo al eje del cilindro y concéntricamente a su alrededor. Esta corriente que pasa desde el separador ciclónico se vuelve a mezclar con plástico fundido procedente del primer dispositivo de calentamiento y se devuelve al reactor de craqueo a través del segundo dispositivo de calentamiento.

20 Las partes más pesadas fluyen hacia abajo en el separador ciclónico, preferentemente en un depósito de sedimentación, ya que todavía contienen cantidades mayores de plástico fundido. La velocidad de flujo en el tanque de sedimentación es muy baja, de modo que se puede lograr una separación adicional entre partes de partículas sólidas o de alta y baja densidad y plástico fundido.

25 Una fase obtenida en el depósito de sedimentación que es rica en plástico fundido se puede desviar de nuevo a la línea de flujo de reciclaje, la fase separada de mayor densidad, que comprende los sólidos, se elimina y se puede utilizar como combustible de alta energía.

30 La mezcla de hidrocarburos gaseosos formada en el reactor de craqueo fluye desde el reactor de craqueo a un condensador parcial, y preferentemente primero a través de una columna de cuerpos de relleno y solo luego a un condensador parcial. Este condensador parcial preferentemente se puede calentar y/o refrigerar activamente, en particular refrigerar y también preferentemente se ajusta de manera que los hidrocarburos que no tienen el carácter de producto deseado, por ejemplo, carácter de diésel/aceite de calefacción, se condensan y fluyen de regreso al reactor de craqueo, donde se craquean aún más hasta que son más cortos que los hidrocarburos, por ejemplo, con un máximo de 22 átomos de carbono y el condensador puede pasar.

35 Con esta tecnología es posible evitar en gran parte o incluso completamente la formación de hidrocarburos de cadena larga (cera/parafinas).

40 La parte que hierve a temperaturas más bajas (por ejemplo, menos de C20 o C22) no es retenida por el condensador y desde allí se envía a un dispositivo de enfriamiento/destilación, en el que las fracciones de bajo punto de ebullición y los gases (C1-C7/C8) se separan del destilado medio (C8/C9 - C20/C22). Este dispositivo de enfriamiento/destilación comprende un recalentador (evaporador) y una columna de destilación.

45 La temperatura del fondo en este dispositivo de enfriamiento/destilación se regula preferentemente mediante un evaporador, el llamado recalentador, que se puede calentar hasta 400 °C. Los hidrocarburos con más de 22 átomos de carbono se acumulan en el recalentador y se bombean desde el recalentador al reactor de craqueo.

50 La columna de destilación está diseñada, al menos parcialmente, como columna de cuerpos de relleno. En una zona central, por ejemplo, en el medio de la columna de destilación, también se proporciona preferentemente una bandeja en la que se recoge al menos una parte de los hidrocarburos líquidos. Estos hidrocarburos líquidos se extraen y, preferentemente en un intercambiador de calor, se enfrían. Parte del líquido enfriado se devuelve a la cabeza de la columna de destilación como una corriente de reciclaje (reflujo) para el control de la temperatura, preferentemente después de agregar un inhibidor de radicales, que actúa como estabilizador y evita la formación de nuevas parafinas en el producto diésel.

55 El producto diésel extraído de la etapa de destilación y que contiene preferentemente un inhibidor de radicales (como resultado del reflujo agregado con dicho inhibidor) se enfría, como ya se mencionó con anterioridad, con preferencia, finalmente en un intercambiador de calor adicional y opcionalmente se filtra mediante un dispositivo de adsorción y/o filtro. y procesado. Después de la etapa de filtración o antes de colocarlo en un recipiente de almacenamiento, se agrega preferentemente un antioxidante para evitar la degradación del producto diésel.

60

65

El vapor que emerge de la parte superior del dispositivo de destilación comprende los componentes de punto de ebullición más bajo (hidrocarburos similares a la gasolina, por ejemplo, C1 a C8). Este vapor se enfría en un condensador refrigerable activamente. El condensado, una fracción de bajo punto de ebullición (por ejemplo, C5-C8) se vacía en un recipiente de almacenamiento. La parte que no se condensa a temperatura ambiente, C1 a C4 o metano a butano -si es necesario después de la limpieza, por ejemplo, mediante procedimientos de adsorción/desorción-, ya sea introducidos en un recipiente de almacenamiento por medio de un compresor, desde el cual se puede utilizar en un momento posterior en un quemador para calentar el medio de transferencia de calor, o se alimenta directamente a dicho quemador.

Aunque aquí se describe un procedimiento general, contiene aspectos inventivos individuales que también se pueden utilizar para mejorar los sistemas existentes. Tales aspectos son:

- (i) Entrada de materiales plásticos reciclables a través del sistema de entrada especial. Este sistema de entrada permite realizar el procedimiento sin o con pequeñas cantidades de gas inerte (nitrógeno), lo que mejora la inflamabilidad de los gases hidrocarbonados (C1-C4) descargados del sistema.
- (ii) Al utilizar el sistema de alimentación especial, que trabaja en la primera zona, el compresor, a temperaturas de 120 °C - 150 °C, la proporción de vapor de agua se reduce considerablemente, lo que conduce a una optimización del volumen de gas.
- (iii) La disposición de la extrusora aguas arriba de los dispositivos de calentamiento y aguas arriba del reactor de craqueo y su funcionamiento a 250-300 °C significa que los gases contaminantes como el HCl y el H₂S se expulsan sin que se pierdan cantidades apreciables de hidrocarburos. Esta separación temprana de gases ácidos conduce a una corrosión muy reducida de los dispositivos posteriores operados a temperaturas más altas.
- (iv) El condensador parcial, en particular con una columna de cuerpos de relleno aguas arriba, evita que los hidrocarburos que excedan una longitud deseada entren en el sistema de destilación.
- (v) El dispositivo de destilación permite una separación muy precisa de las fracciones de hidrocarburos en una fracción líquida, por ejemplo, producto diésel y fracción gaseosa, por ejemplo, fracciones de bajo punto de ebullición/gases no condensados. Al establecer la temperatura del fondo en el recalentador por un lado, y al establecer la temperatura o el perfil de temperatura en la columna de destilación adaptando el reflujo al producto diésel, la separación de la corriente de gas que proviene directamente del reactor de craqueo en fracciones de cadena corta y cadena larga se puede controlar de manera específica.
- (vi) Una porción de la mezcla de plástico fundido se bombea fuera del reactor de craqueo y a través de un separador ciclónico donde las partículas se separan a alta densidad. Para lograr una mejor separación, la fracción de alta densidad del ciclón se alimenta a un tanque de sedimentación/decantación, en el que el líquido tiene tiempo suficiente para lograr un equilibrio estable entre partículas más ligeras y pesadas, de modo que una proporción adicional del plástico fundido se puede devolver. Al bombear el material del suelo fuera del reactor de craqueo y separar sólidos o productos de alta densidad en el sistema separador, por un lado se reduce o incluso evita la formación de depósitos en el reactor de craqueo; por otro lado, la masa fundida de plástico circulante logra una mezcla completa en el reactor de craqueo, lo que requiere una mezcla adicional. a menudo lo hace superfluo.

Breve descripción de los dibujos

Otros refinamientos, ventajas y aplicaciones de la invención surgen de las reivindicaciones dependientes y de la descripción que sigue basada en la figura.

La figura muestra esquemáticamente la estructura de un sistema preferido según la invención. Los símbolos de referencia tienen los siguientes significados:

- 1 compresor
- 2 extrusora
- 3 primer dispositivo de calentamiento (primer intercambiador de calor)
- 4 segundo dispositivo de calentamiento (segundo intercambiador de calor)
- 5 reactor de craqueo
- 6 calentador para reactor de craqueo (intercambiador de calor)
- 7 bomba de alta temperatura
- 8 separador ciclónico
- 9 tanque de sedimentación/tanque de decantación
- 10 línea de flujo de retorno
- 11 condensador parcial
- 12 columna de cuerpos de relleno
- 13 recalentador (evaporador)
- 14 columna de destilación
- 15 columna de cuerpos de relleno
- 16 piso intermedio
- 17 línea de corriente de reciclaje

Modo(s) de realización de la invención

- 5 El procedimiento para obtener hidrocarburos, en particular fracciones individuales de hidrocarburos, a partir de residuos plásticos, en particular residuos de poliolefinas, mediante craqueo pirólítico se describirá ahora con más detalle utilizando el diagrama del sistema que se muestra en la figura.
- 10 El compresor 1 se llena preferentemente a través de dos sistemas tampón (no mostrados) que se cargan con nitrógeno o se lavan y que se pueden pesar para poder determinar y regular con precisión la cantidad de materiales plásticos reciclables introducidos. Gracias a los dos sistemas de almacenamiento intermedio, el sistema puede funcionar en forma continua, ya que un sistema de almacenamiento intermedio se llena mientras que el otro sistema de almacenamiento intermedio se vacía.
- 15 En el compresor 1, los materiales plásticos se homogeneizan, se comprimen y se calientan esencialmente por fricción, si es necesario asistido por un calentador de aceite térmico, preferentemente en la pared exterior del compresor, en particular un compresor de tornillo. El calentamiento de este compresor a 120-150 °C permite la eliminación de la mayor parte del agua contenida. La eliminación de agua puede ser asistida aplicando un vacío y preferentemente es asistida aplicando un vacío.
- 20 Los materiales plásticos comprimidos y secos se transportan desde el compresor 1 a una extrusora 2, preferentemente se calienta con aceite térmico, y se calienta más a aproximadamente 250 - 300 °C, de modo que al menos algunos de los materiales plásticos se funden. En la extrusora 2, una bomba de vacío extrae los gases nocivos, en particular los gases ácidos HCl y H₂S. Este sistema de entrada 1, 2, formado a partir del compresor 1 y extrusora 2, o esta tecnología de entrada, también tiene la ventaja de que se puede prescindir del lavado permanente con gas inerte (nitrógeno) en el llenado de las zonas de fusión y el reactor de craqueo, ya que este se realiza con plástico fundido. El sistema lleno representa un sello hermético.
- 25 Desde este sistema de entrada 1, 2 el plástico al menos parcialmente fundido llega a un primer dispositivo de calentamiento, un primer intercambiador de calor tubular, 3 en el que los materiales plásticos se calientan a una temperatura de 300 °C a 380 °C, de manera que todo el plástico está presente fundido.
- 30 Después del intercambiador de calor 3, los materiales plásticos que salen de este se mezclan con una corriente de retorno. Esta corriente de flujo de retorno se extrae del reactor de craqueo 5 por medio de la bomba de alta temperatura 7 y se lleva en la línea de corriente de flujo de retorno 10 a través del separador ciclónico 8 a la corriente que sale del intercambiador de calor 3 a los materiales plásticos.
- 35 La fase líquida, formada a partir de los materiales plásticos fundidos que se originan en el intercambiador de calor 3 y la corriente de retorno, se funde además en un segundo dispositivo de calentamiento, un segundo intercambiador de calor, 4 a una temperatura de 380 °C a 400 °C si todavía es necesario, por lo que el craqueo térmico ya puede comenzar. Los materiales plásticos fundidos, junto con los vapores que contienen hidrocarburos ya formados, se alimentan luego al reactor de craqueo 5, que opcionalmente se puede calentar mediante un intercambiador de calor 6 y en el que los hidrocarburos fundidos se dividen (craquean) a aproximadamente 400 °C. Toda la masa fundida de plástico que se encuentra en el reactor de craqueo 5 y en el segundo intercambiador de calor 4 se hace circular permanentemente por medio de la bomba de alta temperatura 7. Como resultado, por un lado se consigue un buen mezclado, por otro lado también sirve para bombear la escoria del reactor de craqueo al sistema separador 8, 9, formado a partir del separador ciclónico 8 y el tanque de sedimentación 9, del cual se puede descargar. Esta escoria es predominantemente una cuestión de sustancias de alta energía, pero no gaseosas, como brea y alquitrán, así como el exceso de carbono producido cuando los polímeros se craquean.
- 40 Los hidrocarburos gaseosos que salen del reactor de craqueo se alimentan a una columna de relleno con un condensador parcial posterior 10, en el que los hidrocarburos de cadena larga (más largos que, por ejemplo, C22) se condensan, se devuelven al reactor de craqueo 5 y se craquean hasta que tengan una longitud de cadena de -según el ajuste- un máximo de C20 a C22.
- 45 Los gases que no se condensan en la columna de cuerpos de relleno 12 normalmente sin calentar o en el condensador parcial 11 (C1-C20/C22) se alimentan a un dispositivo de destilación 13, 14, 15, 16 en el que se descomponen en una fracción gaseosa y una líquida y del cual se extraen la fracción líquida como destilado medio, la fracción gaseosa como de bajo punto de ebullición y los gases no condensados del dispositivo de destilación 13, 14, 15, 16.
- 50 El dispositivo de destilación 13, 14, 15, 16 comprende un recalentador 13 y una columna de destilación 14. La columna de destilación 14 tiene preferentemente un área configurada como columna de cuerpos de relleno 15 y, opcionalmente dentro de este área de relleno o preferentemente por encima de esta área, una bandeja intermedia 16 en la que la fracción líquida (producto diésel) se recoge y se puede descargar. El producto diésel descargado del dispositivo de destilación 13, 14, 15, 16 se enfría preferentemente por medio de un intercambiador de calor y parte de este producto diésel enfriado puede devolverse al dispositivo de destilación a través de la línea de flujo de reciclaje 17 para establecer las condiciones óptimas de temperatura. El retorno, el reflujo, suele tener lugar en la parte superior del
- 55
- 60
- 65

dispositivo de destilación, pero en cualquier caso por encima del piso intermedio 16, el punto de salida del producto diésel.

5 Preferentemente, se añade un inhibidor de radicales al producto diésel utilizado como reflujo, que evita la formación de parafinas de cadena larga, etc. Esta adición tiene lugar adecuadamente después del intercambiador de calor y después de que se haya desviado el flujo de reflujo.

10 Los líquidos extraídos pueden limpiarse en sistemas de adsorción y/o filtración y cualquier componente que interfiera (por ejemplo, ácidos orgánicos) puede eliminarse antes de que los hidrocarburos se transfieran a un tanque de almacenamiento.

Antes de almacenar el producto diésel, se prefiere agregarle al menos un estabilizador.

15 Los inhibidores de radicales así como los estabilizadores y antioxidantes son familiares para el experto en la técnica. Un inhibidor de radicales adecuado es, por ejemplo, BHT (butilhidroxitolueno), estabilizadores adecuados son, por ejemplo, aminas fuertemente básicas y un antioxidante adecuado es, por ejemplo, fenildiamina.

20 Aunque en la presente solicitud se describen formas de realización preferidas de la invención, debe señalarse claramente que la invención no se limita a ellas y también se puede llevar a cabo de otras formas dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

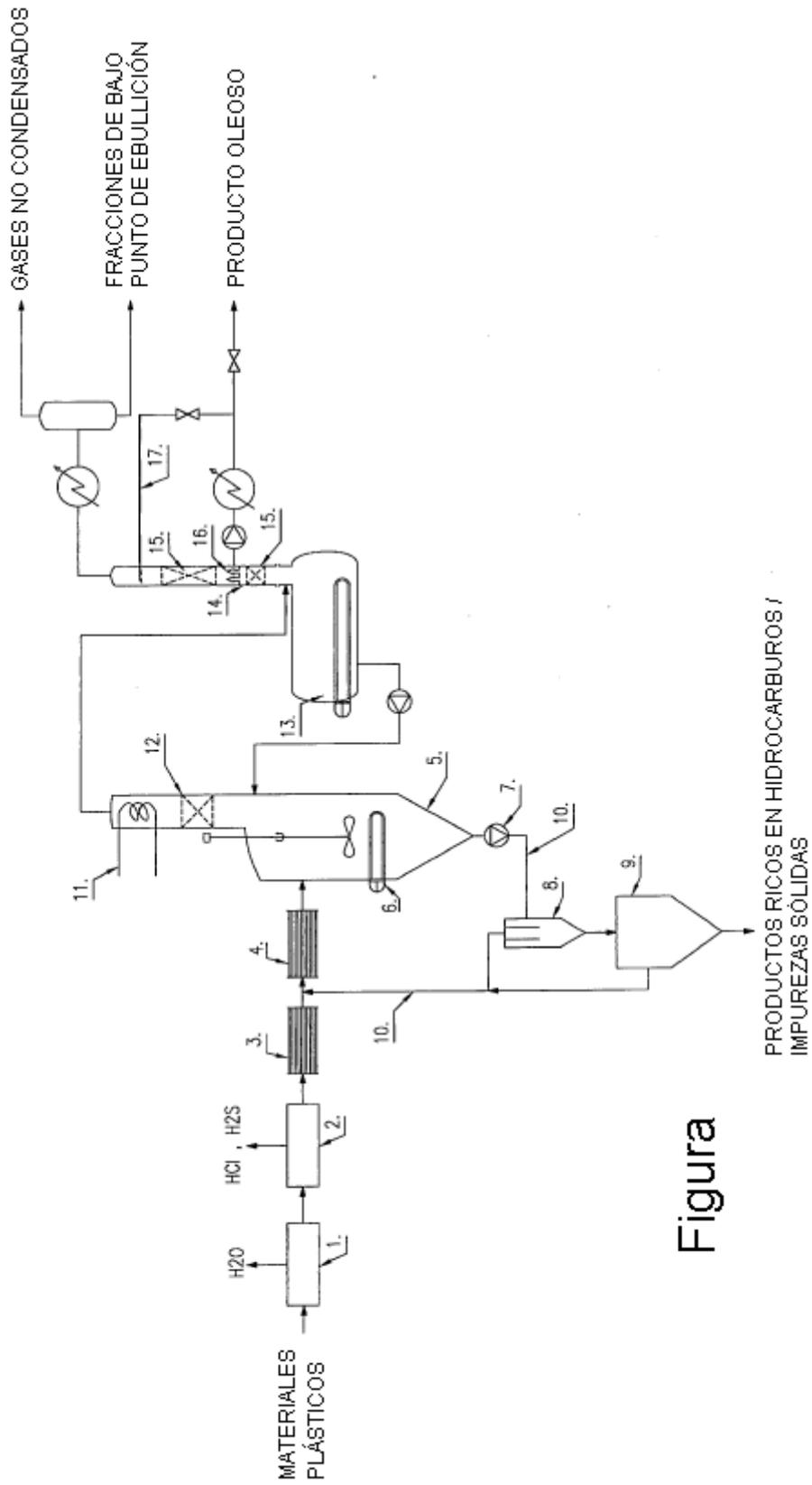
1. Procedimiento para la obtención de hidrocarburos a partir de residuos plásticos y líquidos orgánicos a base de petróleo, denominados colectivamente materiales plásticos, preferentemente a partir de materiales plásticos ricos en poliolefinas, mediante craqueo puramente termolítico en un reactor de craqueo (5), donde un primer dispositivo de calentamiento (3) y un segundo dispositivo de calentamiento (4) están conectados aguas arriba, sin el uso de catalizadores, en donde
- (b1) los materiales plásticos opcional y preferentemente se alimentan ya parcialmente fundidos a un primer dispositivo de calentamiento (3) en el que se funden (además) a una temperatura de 300 °C a 380 °C,
- (b2) los materiales plásticos fundidos, junto con la corriente de reciclaje que se bombeó fuera del reactor de craqueo (5), se alimentan a un segundo dispositivo de calentamiento (4) en el que se calientan adicionalmente a temperaturas de 380 °C a 400 °C,
- (b3) los materiales plásticos fundidos junto con los vapores que contienen hidrocarburos ya formados del segundo dispositivo de calentamiento (4) se alimentan al reactor de craqueo (5), en el que los materiales plásticos fundidos se vuelven a descomponer (craquear) a aproximadamente 400 °C, en donde los hidrocarburos gaseosos se alimentan a un condensador parcial (11), en el que se condensan hidrocarburos de cadena larga y se devuelven al reactor de craqueo (5),
- (b4) los hidrocarburos de cadena corta salen del reactor de craqueo (5) y se alimentan a un dispositivo de destilación en el que se descomponen en una fracción gaseosa y una fracción líquida,
- (b5) sustancias similares a la brea y al alquitrán de alta energía pero no gaseosas, así como el exceso de carbono formado durante el craqueo termolítico de los polímeros, se bombean fuera del reactor de craqueo (5) junto con la corriente de reciclaje y se separan por medio de un sistema separador (8, 9) entre la corriente y el residuo, mezclándose la corriente de reciclaje entre el primer dispositivo de calentamiento (3) y el segundo dispositivo de calentamiento (4) con los materiales plásticos fundidos en el dispositivo de calentamiento (3) y el residuo pasando a un recipiente colector.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el suministro de los residuos plásticos al primer dispositivo de calentamiento tiene lugar a través de un sistema de entrada (1, 2), en el que
- (a2) en una primera etapa en un compresor mecánico (1) de 120 a 150 °C se elimina el vapor de agua y se realiza una compresión y secado,
- (a3) en una segunda etapa, en una extrusora (2), se lleva a cabo de 250 a 300 °C al menos fusión parcial y eliminación de gases ácidos, en particular de HCl y H₂S, mediante vacío y, si es necesario, posterior lavado de gases.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la compresión en la primera etapa (a2) tiene lugar mediante un compresor de tornillo.
4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que (a1) los materiales plásticos se introducen en el sistema de entrada (1, 2) a través de un sistema de al menos dos y preferentemente dos recipientes intermedios, opcionalmente lavados con gas inerte, en particular nitrógeno, en el que al menos uno y preferentemente un recipiente intermedio se llena, mientras que al menos otro y preferentemente otro recipiente intermedio se vacía en el sistema de entrada (1, 2), y todos (ambos) recipientes intermedios están conectados a un sistema de pesaje que permite un llenado medido del sistema de introducción con residuos plásticos.
5. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la corriente de reciclaje se obtiene bombeando de abajo del fondo del reactor de craqueo (5) mediante una bomba de alta temperatura (7) materiales plásticos fundidos, sustancias de tipo brea y alquitrán de alta energía pero no gaseosas, así como el exceso de carbono producido durante el craqueo de polímeros y alimentándolos a un sistema separador (8, 9), en donde el sistema separador (8, 9) comprende un separador ciclónico (8) y un recipiente de sedimentación/decantación (9).
6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los hidrocarburos gaseosos del reactor de craqueo (5) se alimentan al condensador parcial (11) a través de una columna de cuerpos de relleno (12).
7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se alimentan los gases del reactor de craqueo (5) después del condensador parcial (11) de un dispositivo de destilación (13, 14, 15, 16) que comprende un recalentador (13) y una columna de destilación (14), en donde la columna de destilación (14) presenta una columna de cuerpos de relleno (15) y un piso intermedio (16), en donde los gases del reactor de craqueo (5) en el dispositivo de destilación (13, 14, 15, 16) se descomponen en una fracción gaseosa y en una fracción líquida, en donde la fracción líquida se extrae en el piso intermedio (16)

como producto diésel y la fracción gaseosa se extrae en la parte superior de la columna, en donde de la fracción gaseosa extraída se condensan las fracciones de bajo punto de ebullición (por ejemplo, C5-C7) y se separan de los gases no condensados (por ejemplo, C1-C4).

- 5 8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la instalación se opera en forma continua.
9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer dispositivo de calentamiento (3) y el segundo dispositivo de calentamiento (4) son cada uno un intercambiador de calor tubular rodeado de aceite térmico.
- 10
10. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el condensador parcial (11) se puede configurar a una temperatura de 150 °C a 350 °C, preferentemente 300 °C, por lo que se puede establecer la longitud de cadena de las moléculas que pueden pasar a través del condensador parcial, en donde el tipo de mezcla de hidrocarburos se define preferentemente estableciendo la temperatura en el condensador parcial, en el que se condensa parte de la fracción gaseosa.
- 15
11. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la separación térmica fina del gas que emerge del reactor de craqueo (5) se realiza en la columna de destilación (14) mediante destilación a contracorriente, de tal manera que parte del producto diésel se retira del piso intermedio (16), preferentemente después de enfriar y preferentemente mezclado con un inhibidor de radicales, se devuelve a la cabeza de la columna de destilación a través de una línea de corriente de reciclaje (17), definiéndose preferentemente el tipo de mezclas de hidrocarburos ajustando la temperatura en la columna de destilación (14).
- 20
12. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las impurezas aún presentes en el producto diésel y/o en la fracción de bajo punto de ebullición, en particular compuestos que contienen azufre, ácidos halógenos y ácidos orgánicos, se eliminan por adsorción y/o filtración.
- 25
13. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los hidrocarburos de cadena corta (por ejemplo, C1-C4) presentes en forma gaseosa después del condensador, opcionalmente después de la compresión y el almacenamiento intermedio, se utilizan para obtener energía como combustible.
- 30
14. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las superficies de intercambio de calor para el ajuste de la temperatura se dimensionan de manera que sea posible trabajar con un medio de transferencia de calor a una temperatura que sea un máximo de 20 °C por encima de la temperatura deseada.
- 35
15. Dispositivo para procesar residuos que contienen plástico y líquidos orgánicos a base de petróleo, denominados colectivamente materiales plásticos, que comprende un primer dispositivo de calentamiento (3), un segundo dispositivo de calentamiento (4), un reactor de craqueo (5) y una línea de retorno de flujo (10), que conduce desde una región inferior del reactor de craqueo a través de un sistema separador (8, 9) a la línea de alimentación de los materiales plásticos fundidos del primer dispositivo de calentamiento (3) al segundo dispositivo de calentamiento (4), en donde el reactor de craqueo (5) presenta un condensador parcial (11) que tiene un dispositivo de enfriamiento/calentamiento diseñado de modo que en el condensador parcial (11) se puede establecer una temperatura definida, y en donde el sistema separador (8, 9) comprende un separador ciclónico (8).
- 40
- 45
- 50
16. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el primer dispositivo de calentamiento (3) y el segundo dispositivo de calentamiento (4) son cada uno un intercambiador de calor tubular rodeado de aceite térmico, en donde los dispositivos de calentamiento (3, 4) y el reactor de craqueo (5) tienen calentadores controlables de modo independiente,
- 55
- y/o en donde los dispositivos de calentamiento (3, 4) son intercambiadores de calor, que están diseñados como intercambiadores de calor tubulares, en los que los tubos se llenan con los materiales plásticos fundidos y se bañan en aceite térmico.
- 60
17. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 o 16, en donde el sistema separador (8, 9) además del separador ciclónico (8) presenta un recipiente de sedimentación/decantación (9) conectado fuera de la línea de flujo de retorno (10) pero con el separador ciclónico que se conecta mediante bypass en el lado del dispositivo de calefacción con la línea de flujo de retorno (10).
- 65
18. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 a 17, en donde el dispositivo de enfriamiento/calentamiento comprende un medio de transferencia de calor que puede llevarse a una temperatura necesaria para ajustar la temperatura definida por medio de una unidad de control de

temperatura, siendo un medio de transferencia de calor preferido un aceite térmico, en donde una columna de cuerpos de relleno (12) está dispuesta preferentemente aguas arriba del condensador parcial (11) en el reactor de craqueo (5).

- 5 19. Dispositivo de acuerdo con de las reivindicaciones 15 a 18, en donde al reactor de craqueo (5) le sigue una
 10 unidad de destilación (13, 14, 15, 16) que comprende un recalentador y una columna de destilación (14), en
 donde la columna de destilación (14) presenta un piso intermedio (16), de tal manera que se pueda extraer la
 fracción líquida del piso intermedio y la fracción gaseosa en la parte superior de la columna, en donde
 15 preferentemente aguas abajo de la columna de destilación (14), está dispuesto un enfriador para enfriar la
 fracción líquida y/o un condensador para condensar parcialmente la fracción gaseosa, en donde el enfriador
 y/o el condensador tienen un dispositivo de calentamiento/enfriamiento con el que se puede ajustar una
 temperatura definida en el enfriador y/o en el condensador,
 en donde la columna de destilación (14) se diseña preferentemente al menos en forma parcial como una
 columna de cuerpos de relleno (15)
 y donde la columna de destilación (14) está preferentemente provista de una línea de corriente de reciclaje
 (17) de manera que parte de la fracción líquida extraída de la columna de destilación (14) ingrese nuevamente
 en la columna de destilación (14) por encima del piso intermedio (16), del punto de extracción.
- 20 20. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 15 a 20, con al menos una unidad de adsorción o
 filtración para adsorber impurezas de la fracción líquida o de la parte condensada de la fracción gaseosa, en
 donde la unidad de adsorción o filtración tiene preferentemente varios adsorbentes o filtros que alternados se
 pueden encender o apagar para adsorción o regeneración.



Figura